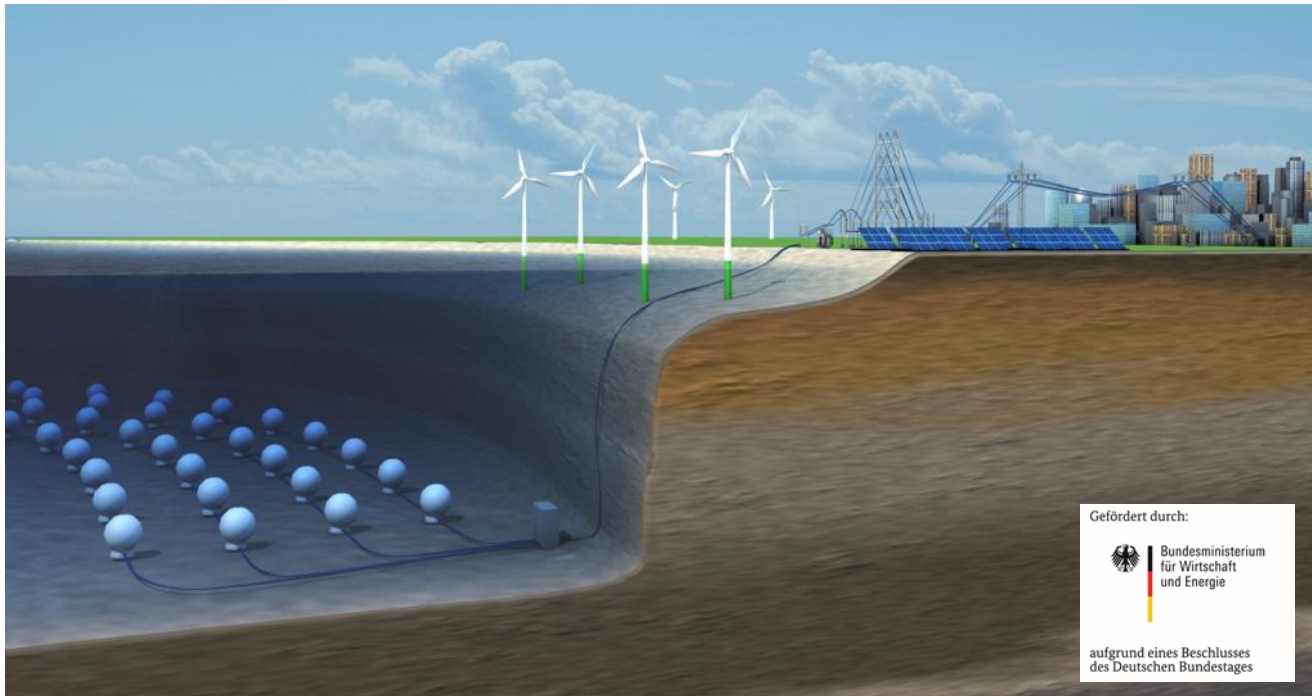


Offshore Pumped Hydro Storage – Project STENSEA

Matthias Puchta

ETIP-SNET Central Region Workshop, Aachen, 2017/09/18

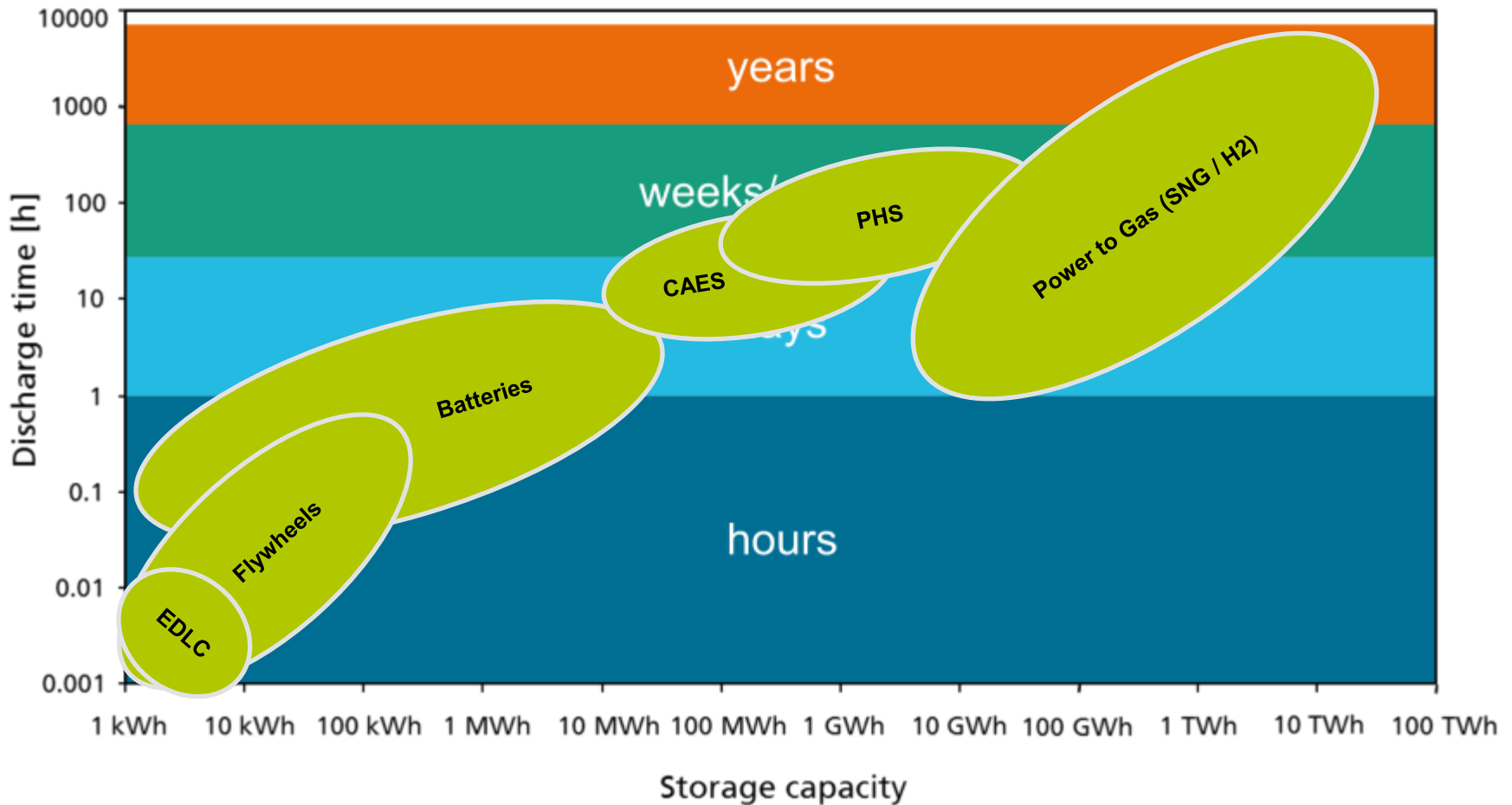


Source Picture: Hochtief

Grant Number: 0325584B

© Fraunhofer IWES

Capacities and discharge times of different storage technologies



Pumped Hydro Storage (PHS)

Operating principle:

- potential energy

Application:

- Short to medium term storage (h-d)
- Peak load, Grid Services

Properties:

- Low energy costs
- Geographical dependency
- High capacity and efficiency (up to 88%)
- High construction costs and long construction time

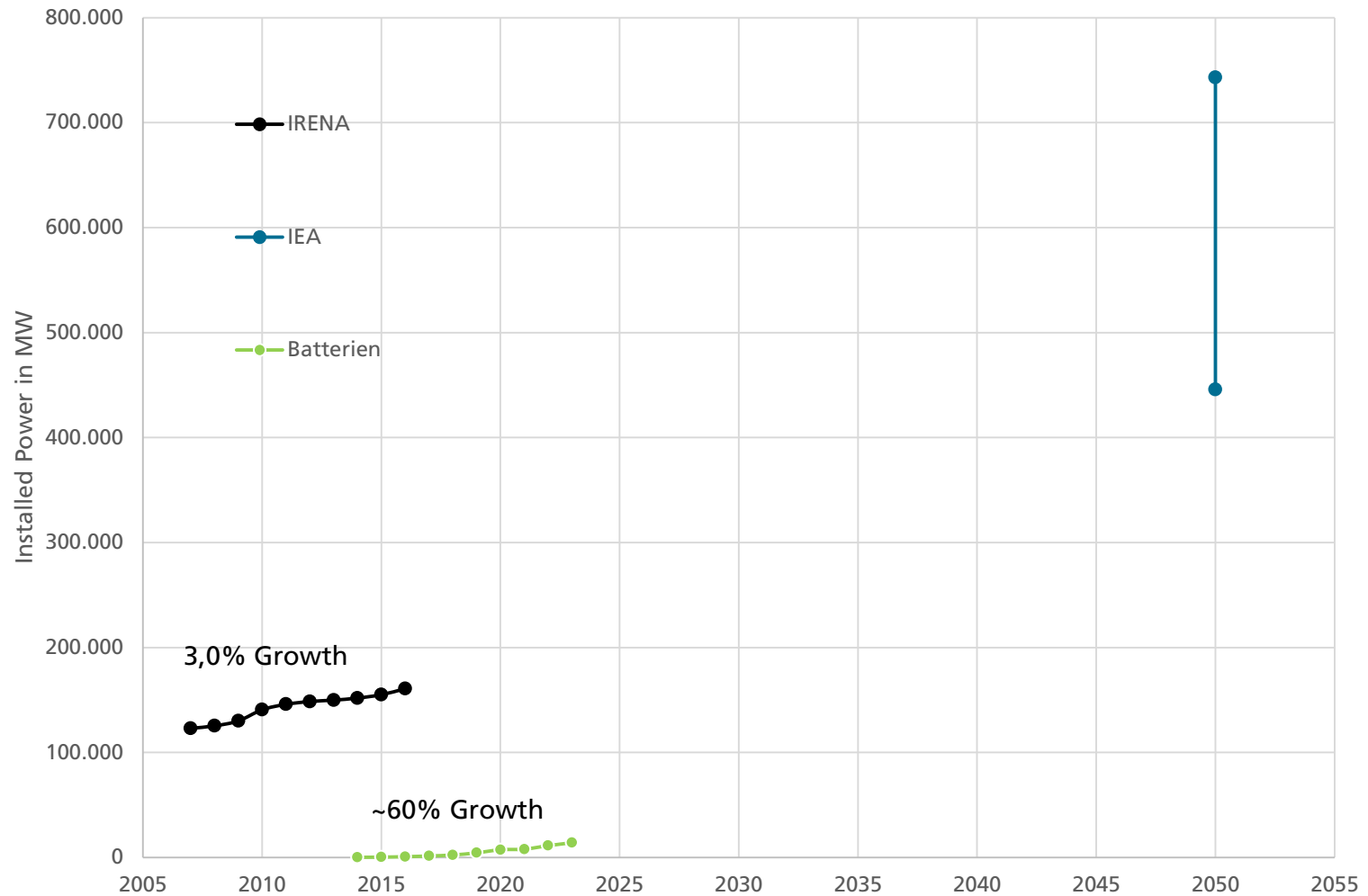
Status & Trend:

- R&D: Use of "natural" height differences



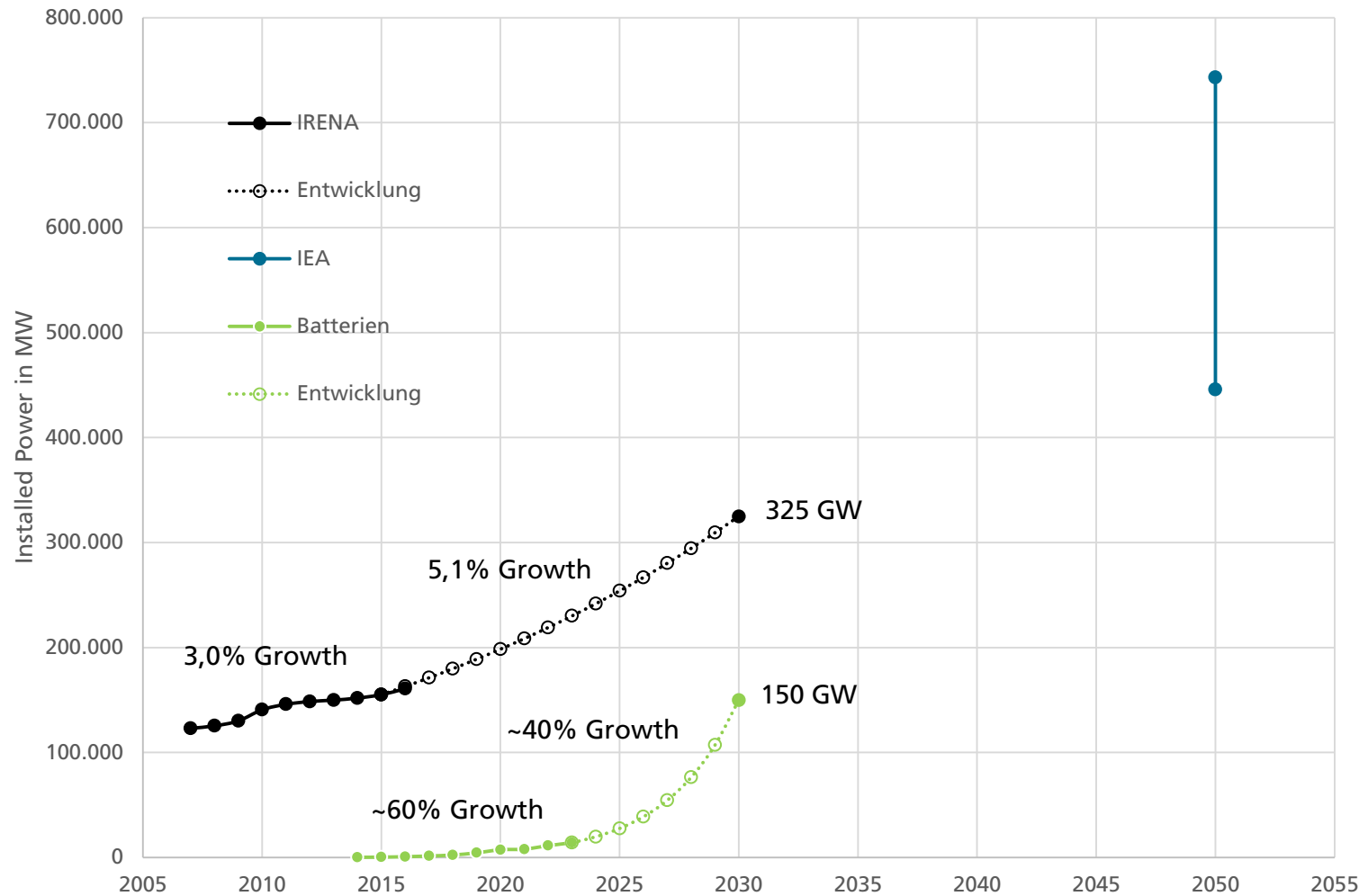
Source picture bottom right: bmwi-energie.wende.de; Source picture top right: <http://www.energystorageexchange.org/> and Google Maps

Pumped Hydro (PHS): Global Trend



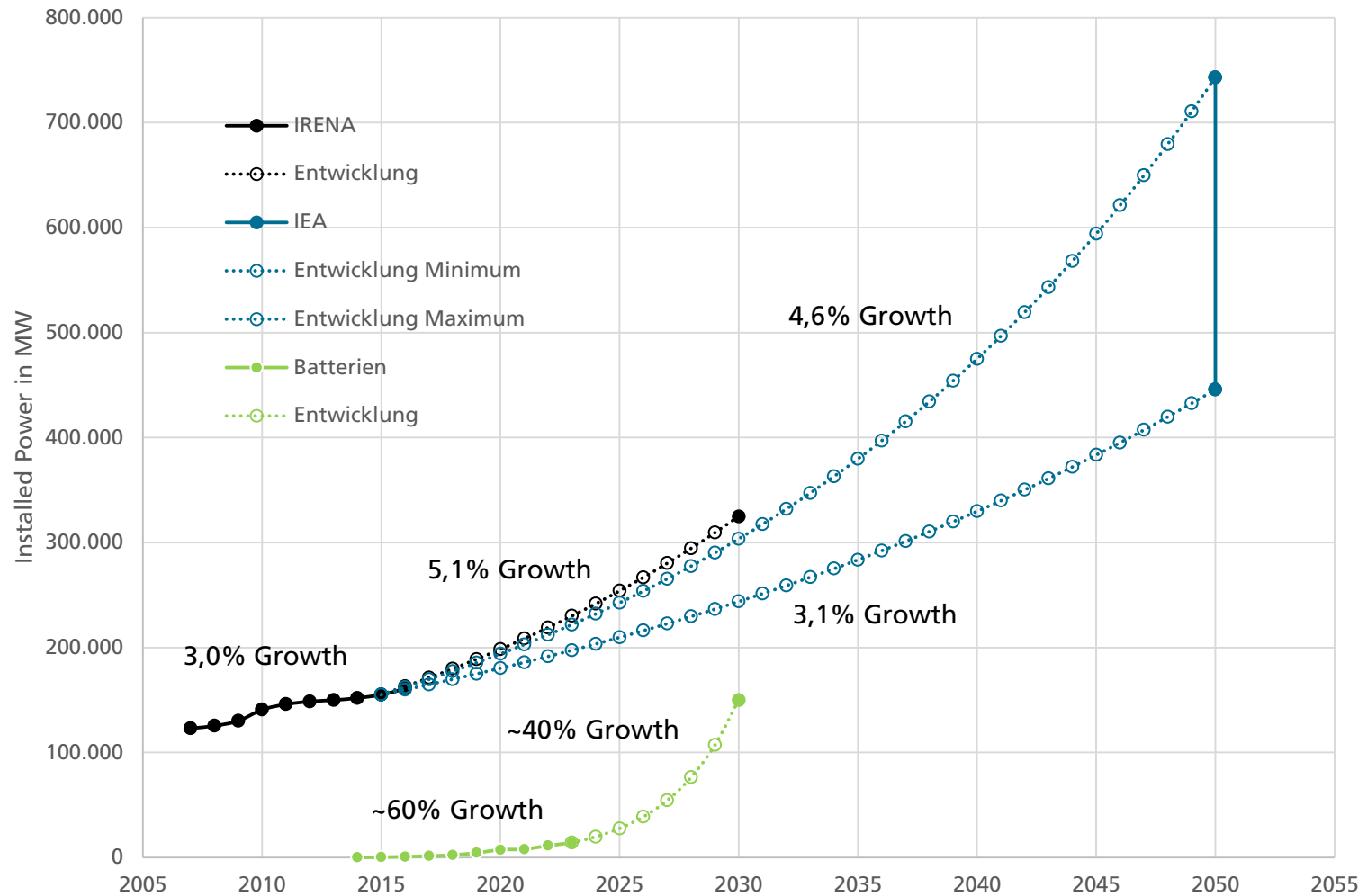
Sources: IRENA (Black and green curve), IEA (Blue curve)

Pumped Hydro (PHS): Global Trend



Sources: IRENA (Black and green curve), IEA (Blue curve)

Pumped Hydro (PHS): Global Trend

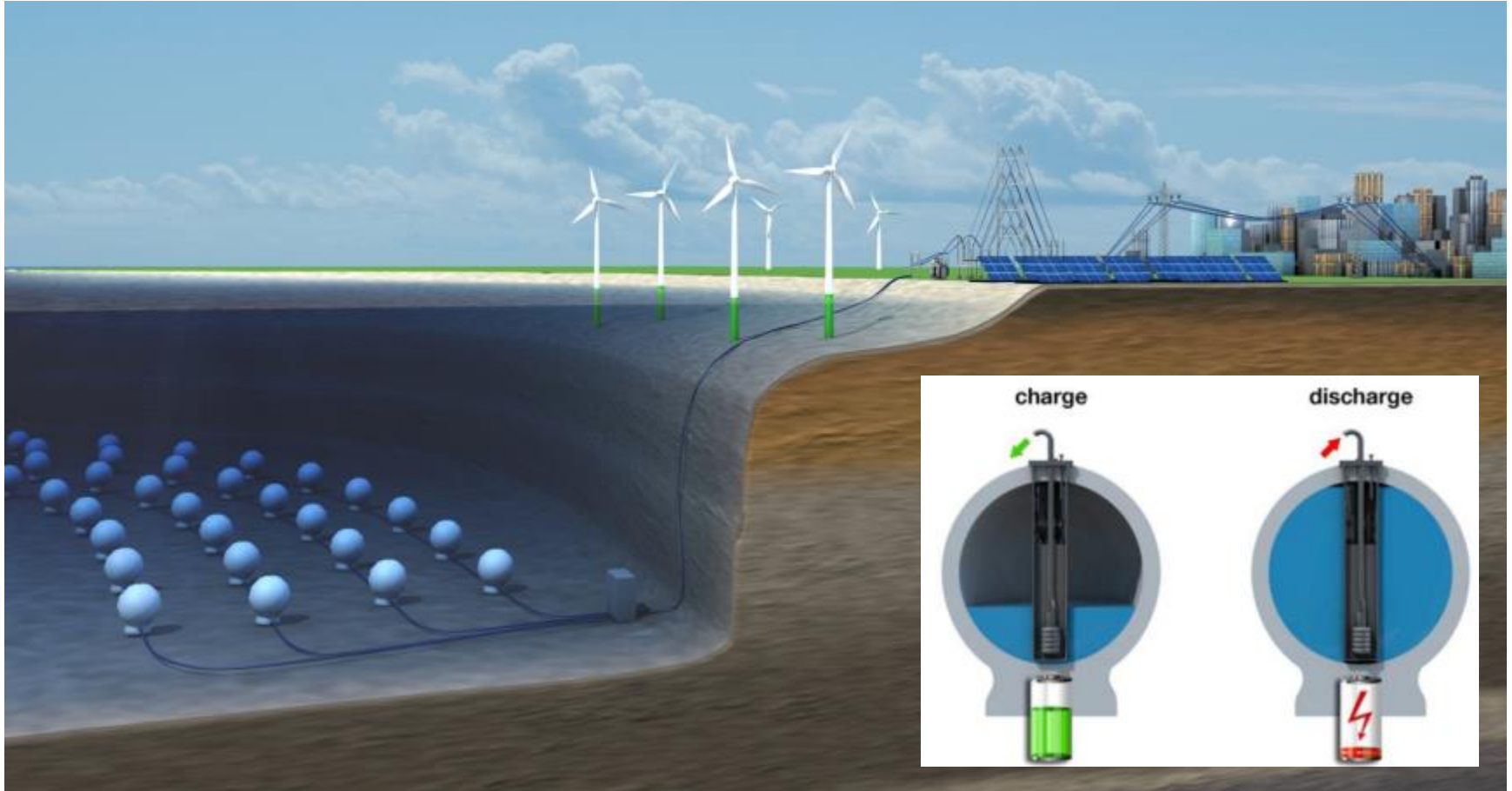


Sources: IRENA, IEA

© Fraunhofer IWES

New concept: Offshore Pumped Hydro Storage

Project STENSEA

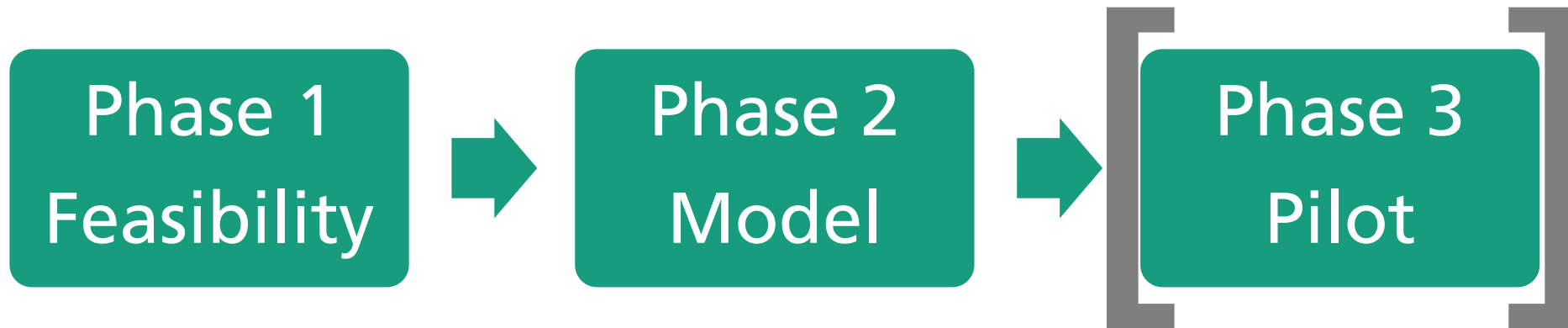


→ Concrete sphere corresponds to the lower reservoir of a PHS.

Fig.: Hochtief

© Fraunhofer IWES

Development Phases Project STENSEA



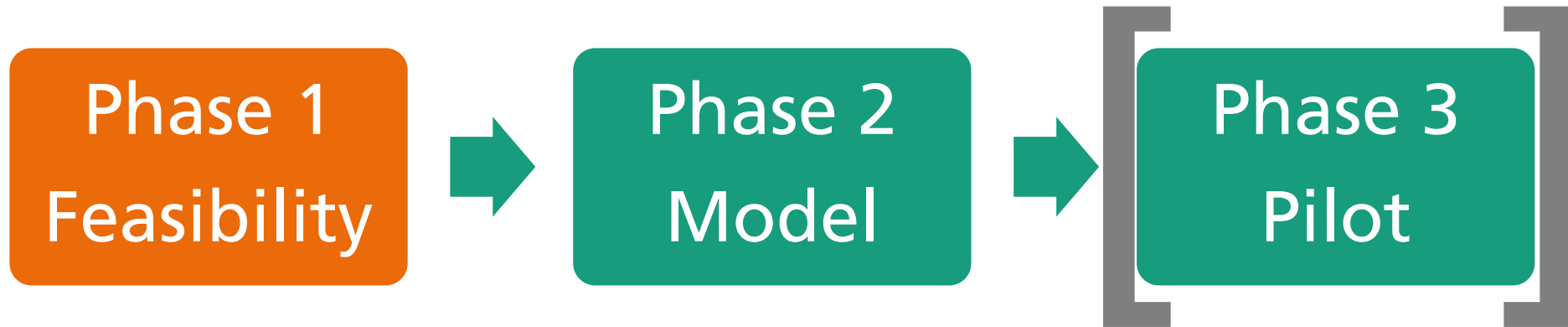
- Involved partys: Fraunhofer IWES, Hochtief, Uni-Stuttgart
- Idea: Prof. Horst Schmidt-Böcking, Prof. Gerhard Luther
- BMWi-funded project runs till 06/2017 (Phase 1 und 2)

Gefördert durch:



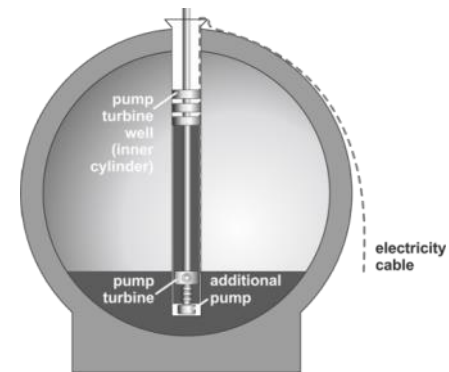
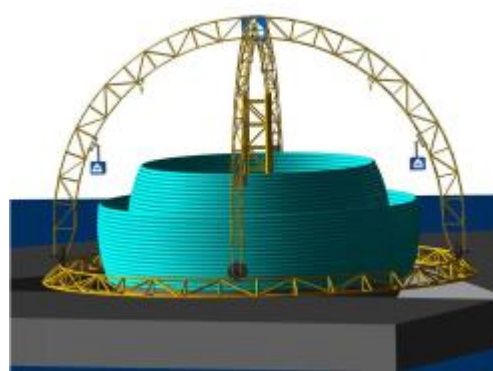
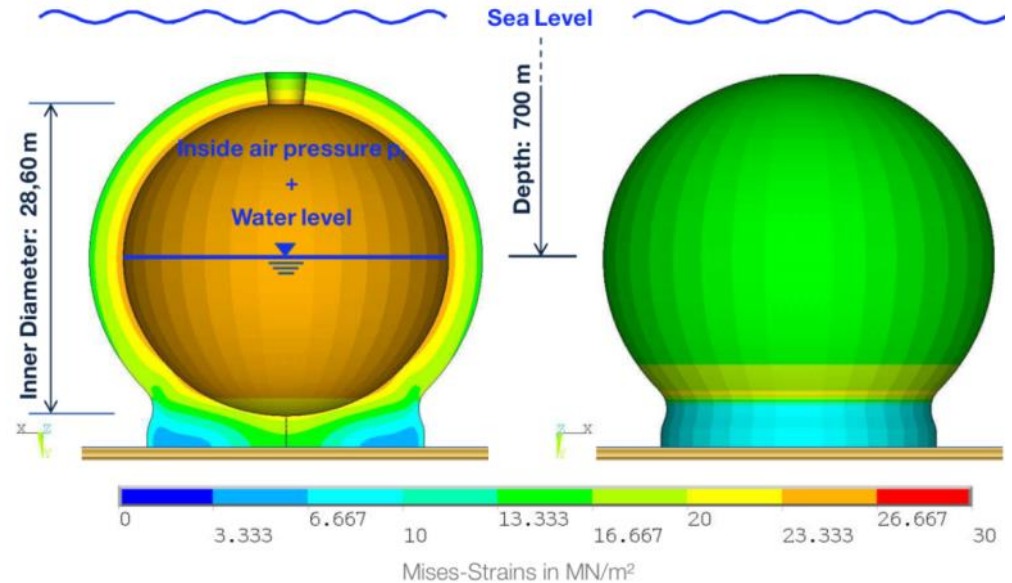
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Development Phases Project STENSEA



Technical Data STENSEA Concept

Material:	Concrete
Turbine:	5 MW
Discharge time:	4 h
Capacity:	20 MWh
Efficiency:	75-85 %
Diameter:	30 m
Wall thickness:	2,70 m
Storage volume:	12.000 m ³
Pressure:	70 bar/700m
Weight:	> buoyancy!

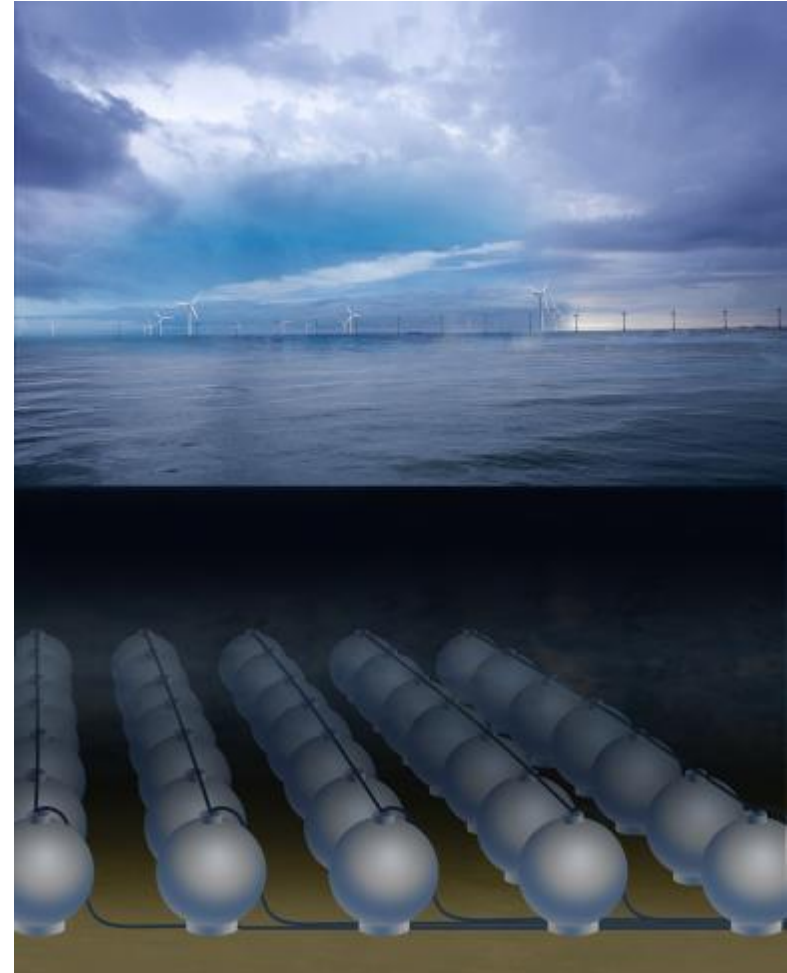


Source: Pictures on top and bottom left Hochtief

© Fraunhofer IWES

GIS-based resource assessment (600-800m water depth)

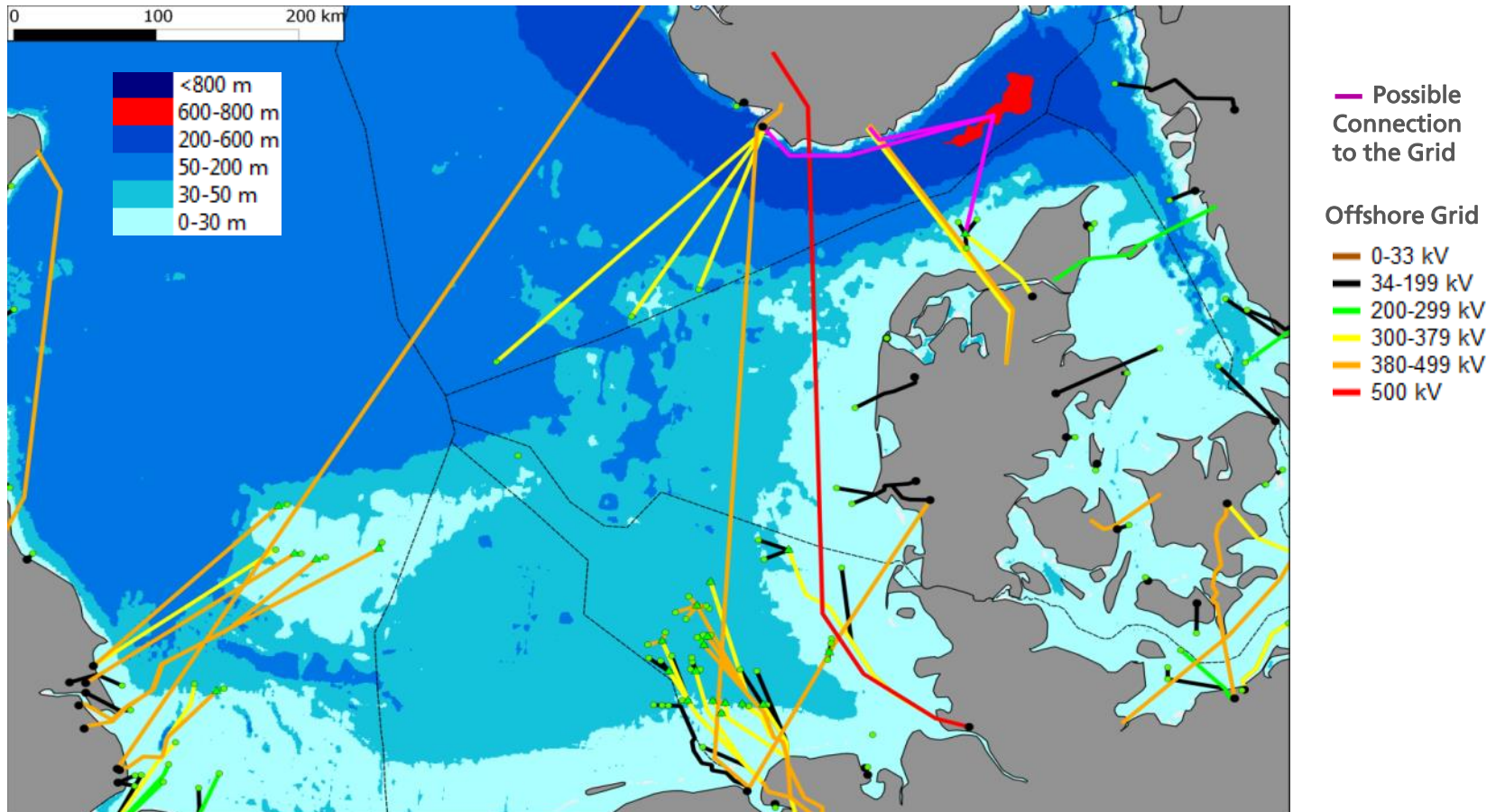
	Potential [TWh]
World wide	~817
Top 10	~628
Top 10 EU	~166
USA	~75
Japan	~70



GIS-based potential analyses

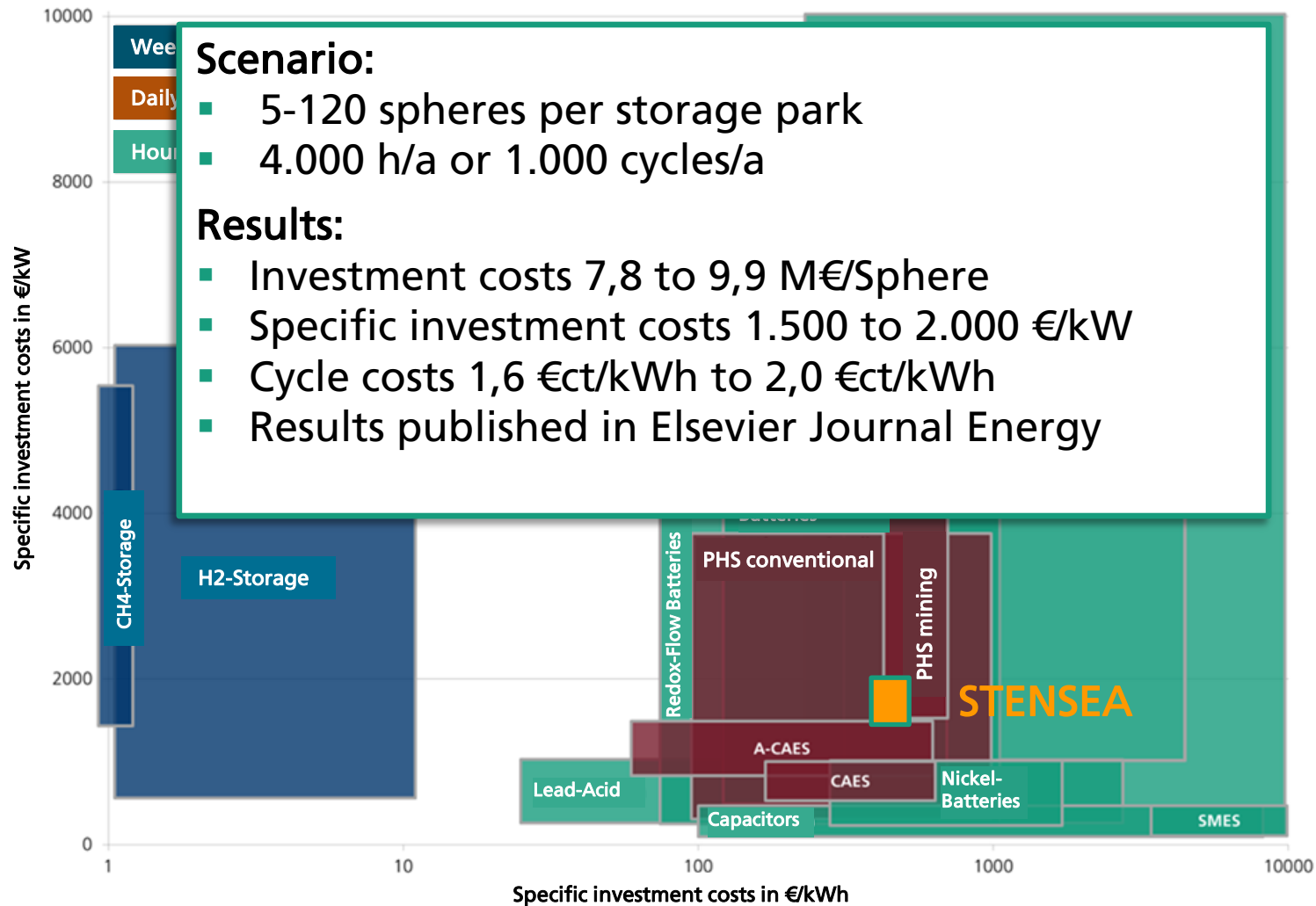
Around 1000 km² potential in Norwegian Trench

8 GWh /1 km² → ~8 TWh theoretical storage capacity



Specific Investment Costs of Storage Technologies

Metastudy Energy Storage



Source: UMSICHT, IWES; Metastudie Energiespeicher for BMWi

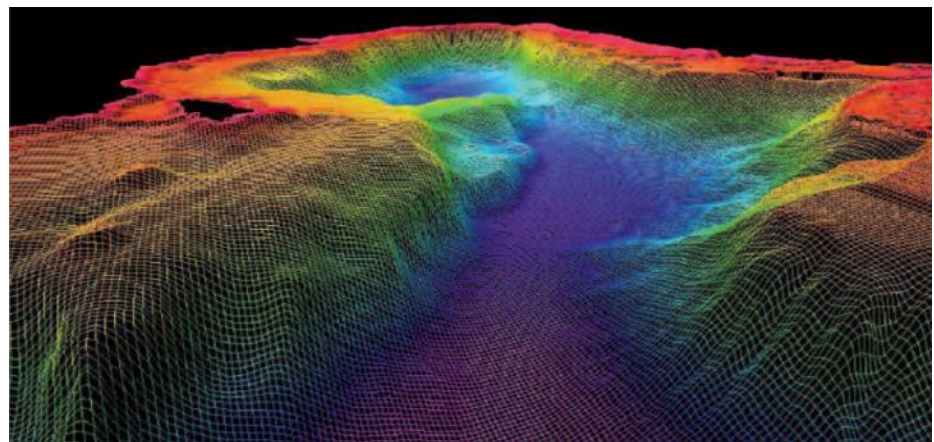
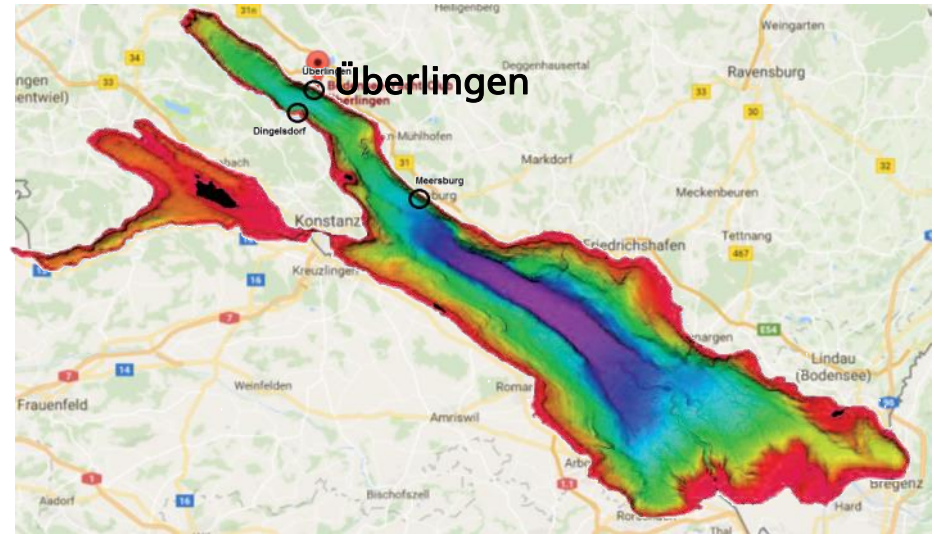
Development Phases Project STENSEA



Model Experiment at Lake Constance (1:10)

- Technology testing
- Testing time 11/2016-12/2016 (around 4 Weeks)
- 100m water depth
- Site identification with maps from project „Tiefenschärfe“
- TRL2 → TRL 5/6

Goal: Learn for Full-Scale Pilot



Source Street map on top: Google Maps, Source height profiles (top, bottom) project Tiefenschärfe ISF

Construction of the Concrete Sphere



Source: Hochtief Solutions AG

© Fraunhofer IWES

Transport to IWES Testfield



Laboratory Tests at IWES Testfield

- Testing of all single components
- Commissioning of components
- Integration of sub-systems in storage system
- Testing of complete system



Model Experiment at Lake Constance

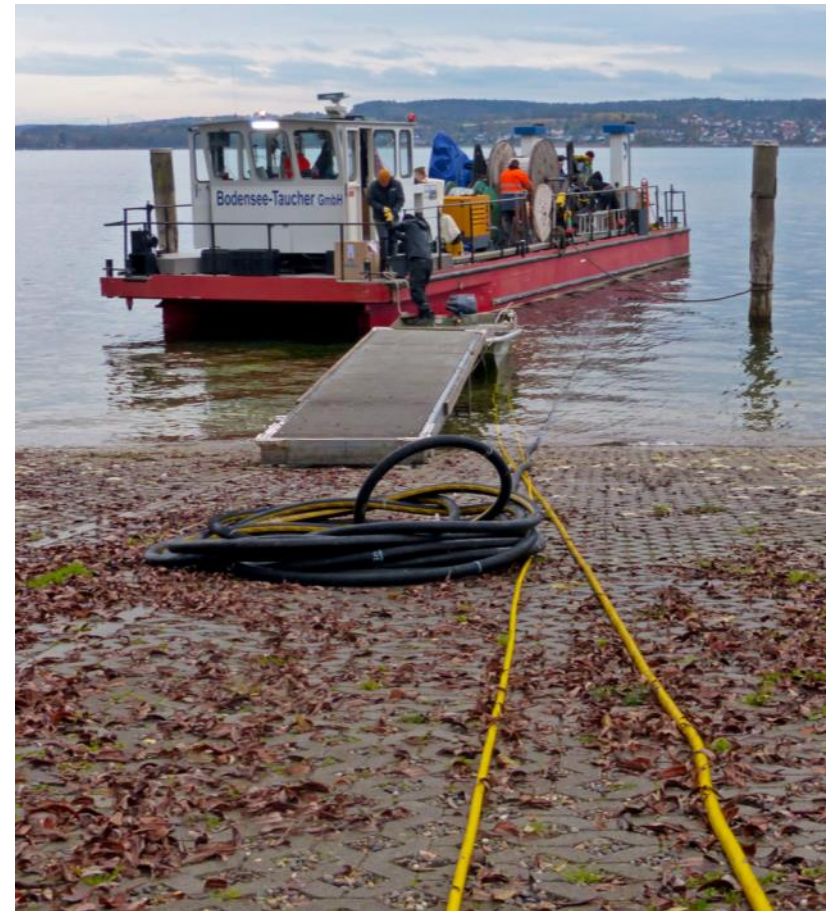


Model Experiment at Lake Constance

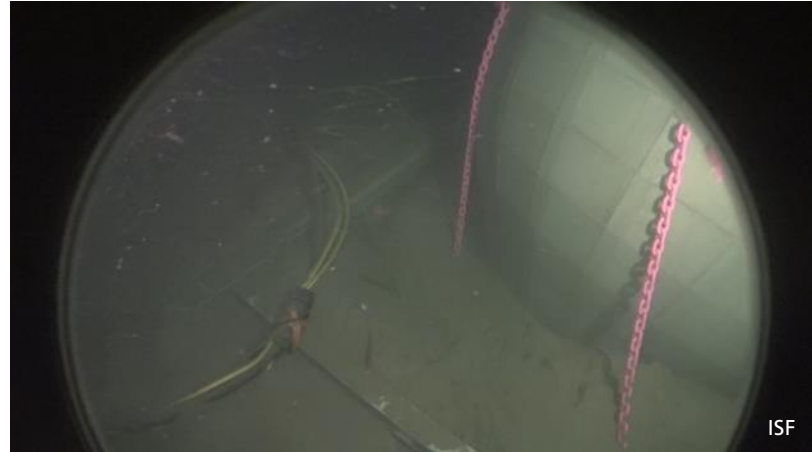


Model Experiment at Lake Constance

- Experiment was a full success!
- Concept approved (TRL 5-6)!



Recovery of the Storage System

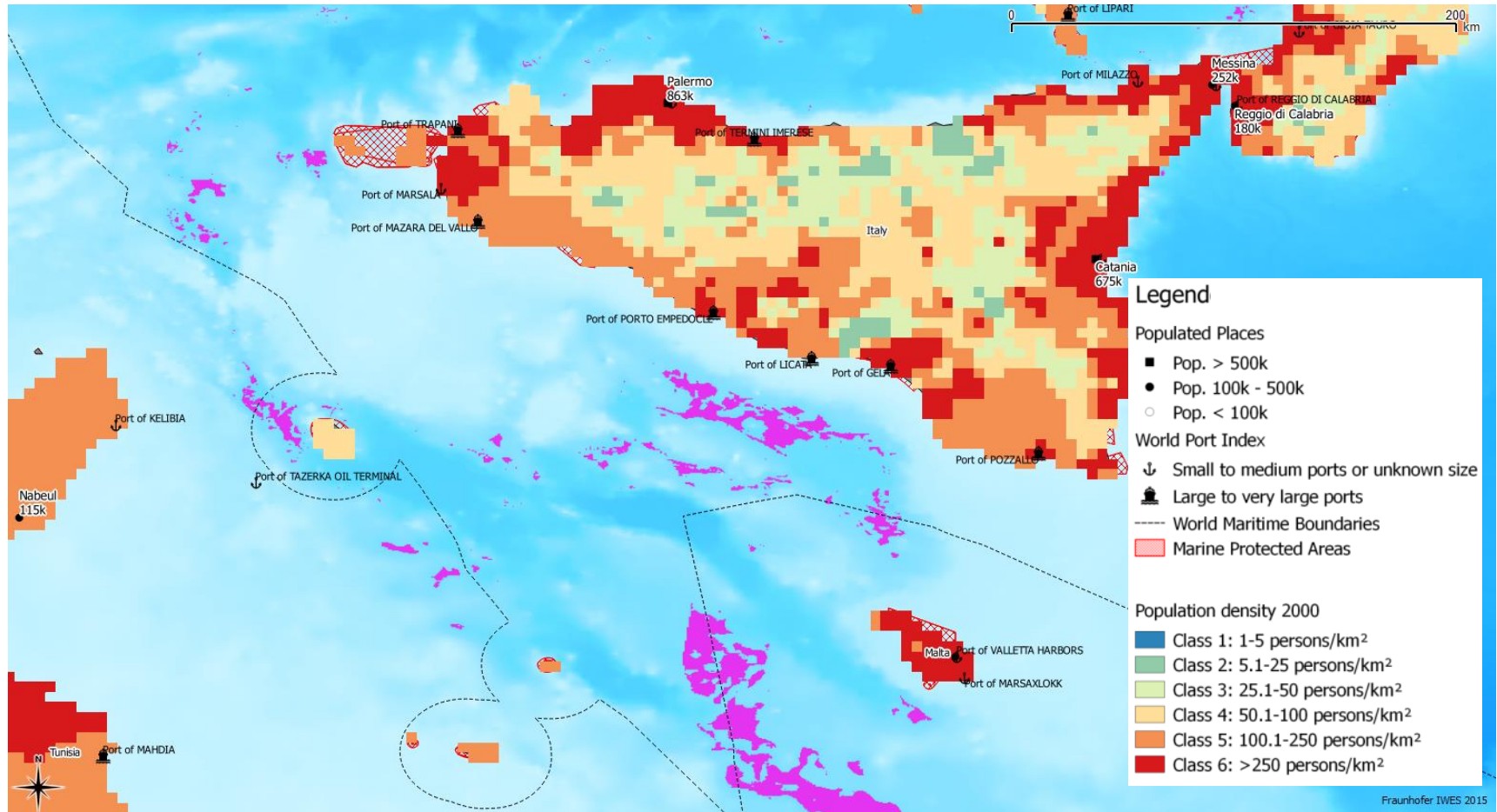


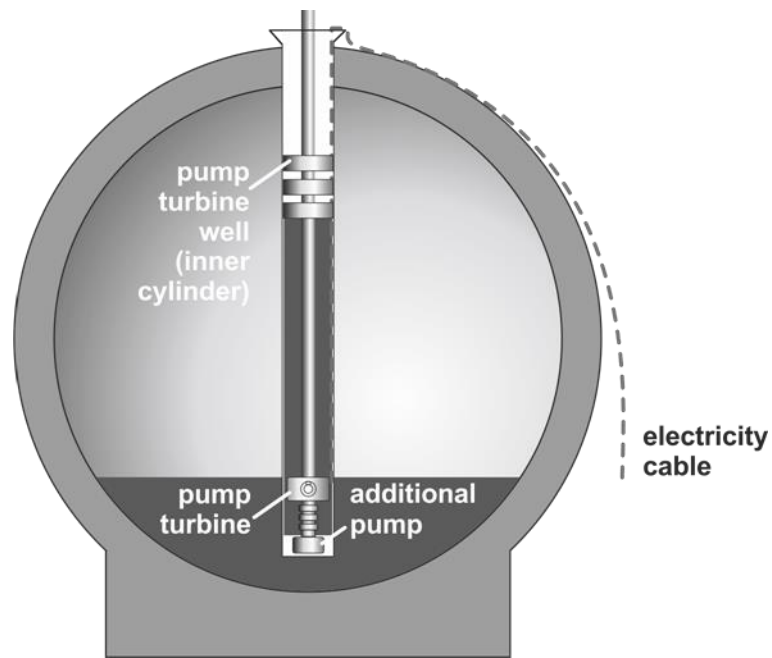
Development Phases Project STENSEA



Necessary R&D: 1:10 Model → 1:3 Pilot → 1:1 Pilot

Example Malta





...a Future Storage Option!

Dipl.-Ing. Matthias Puchta

Head of Energy Storage Department

Fraunhofer Institute for Wind Energy and Energy System Technology IWES

mailto:matthias.puchta@iwes.fraunhofer.de | Phone +49 561 7294-367

Website: <http://s.fhg.de/stensea> , www.battery-simulation.de

Further Informations: <http://s.fhg.de/stensea>

/ 1.1.2013 - 30.6.2017

StEnSEA - Stored Energy in the Sea

FÖRDERUNG:	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
LAUFZEIT:	1.1.2013 - 30.6.2017
BEARBEITER:	J. Bard, M. Puchta (Projektleiter), C. Dick, J. Giebhardt, B. Panahandeh, M. Hau, P. Kracht, F. Thalemann, L. Vogel, B. Krautkremer, P. Ackermann, D. Hau, K. Ghaib, W. Shan
SCHWERPUNKTE:	Projektmanagement, GIS-gestützte Standortbetrachtungen und Kostenmodellierung, Logistik, Umweltverträglichkeitsprüfung, Auslegung des Triebstrangs und des elektrischen Systems, Betriebsführung und Regelung, Zustandsüberwachung, dynamische Modellierung und Simulation des Gesamtsystems, HIL-Labortests des skalierten Modells, Montage und Installation, Durchführung und Auswertung von Testläufen.

Das Projekt umfasst Entwicklung und Erprobung eines neuartigen Pumpspeicherkonzeptes zur Speicherung großer Mengen elektrischer Energie offshore. Das Konzept des Meeres-Pumpspeicherkraftwerk nutzt das Meer selbst als oberes Speicherreservoir. Das untere Speicherbecken wird durch einen Hohlkörper auf dem Meeresgrund gebildet, der im P...
Ladestrom leer gepumpt wird und im Entladebetrieb über eine Turbin...



© Foto Fraunhofer IWES

In den Medien

Test im Bodensee

- [VIDEO: ZDF](#) [↗]
- [VIDEO: SWR](#) [↗]
- [VIDEO: ZDF KiKA](#) [↗]
- [AUDIO: SWR2 \(Teil1\)](#) [↗]
- [AUDIO: SWR2 \(Teil2\)](#) [↗]
- [AUDIO: Deutschlandfunk](#) [↗]
- [ONLINE ARTIKEL: FAZ](#) [↗]
- [ONLINE ARTIKEL: DW](#) [↗]
- [ONLINE ARTIKEL: FOKUS](#) [↗]
- [ONLINE ARTIKEL: N24](#) [↗]
- [ONLINE ARTIKEL: SonneWind&Wärme](#) [↗]

Further Informations: <http://s.fhg.de/stensea>

1.1.2013 - 30.6.2017

StEnSEA - Stored Energy in the Sea



FÖRDERU
LAUFZE
BEARBE
SCHWEI

Energy



ELSEVIER

Journal of Energy Storage

Available online 23 July 2017
In Press, Corrected Proof



Henning
Show
<https://doi.org/10.1016/j.est.2017.06.004>

Development and testing of a novel offshore pumped storage concept for storing energy at sea – Stensea

M. Puchta  , J. Bard, C. Dick, D. Hau, B. Krautkremer, F. Thalemann, H. Hahn

Show more

<https://doi.org/10.1016/j.est.2017.06.004>

Das Projekt umfasst Entwurf und Bau eines Pumpenspeicherwerks zur Speicherung großer Mengen an elektrischer Energie. Das untere Speicherbecken wird durch einen Hohlkörper auf dem Meeresgrund gebildet, der im Pumpbetrieb mit Wasser gefüllt wird und im Entladebetrieb über eine Turbinenmaschine Strom erzeugt. Das obere Speicherbecken wird durch einen Hohlkörper auf dem Meeresgrund gebildet, der im Pumpbetrieb mit Wasser gefüllt wird und im Entladebetrieb über eine Turbinenmaschine Strom erzeugt.

Das Projekt umfasst Entwurf und Bau eines Pumpenspeicherwerks zur Speicherung großer Mengen an elektrischer Energie. Das untere Speicherbecken wird durch einen Hohlkörper auf dem Meeresgrund gebildet, der im Pumpbetrieb mit Wasser gefüllt wird und im Entladebetrieb über eine Turbinenmaschine Strom erzeugt. Das obere Speicherbecken wird durch einen Hohlkörper auf dem Meeresgrund gebildet, der im Pumpbetrieb mit Wasser gefüllt wird und im Entladebetrieb über eine Turbinenmaschine Strom erzeugt.